



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joonas Eskola

Vikasimulaattori koulutuskäyttöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

12.5.2020

Tekijä Otsikko	Joonas Eskola Vikasimulaattori koulutuskäyttöön
Sivumäärä Aika	30 sivua + 1 liite 12.5.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine	Autosähkötekniikka
Ohjaajat	Lehtori Vesa Linja-aho Tekninen päällikkö Jarno Kuusisto, Toyota Auto Finland Oy Rehtori Tuomas Martansaari, Toyota Am- mattioppilaitos
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Toyota Auto Finland Oy:n toimeksiannosta. Työn tarkoituksena oli valmistaa vikasimulaatioauto koulutusvälineeksi Toyotan mekaanikkojen koulutustarpeita varten. Tavoitteena oli saada rakennettua autoon muutama kaukosäätöisesti kytkettävä vikatilanne ja dokumentoida helpoin vianhaun polku vian löytämiseksi. Vikojen kaukosäätöisen kytkennän toteutus haluttiin pitää yksinkertaisena ja kustannuksiltaan maltillisena.</p> <p>Projekti aloitettiin tutustumalla koulutusprosessiin. Aluksi suoritettiin Toyotan verkkokurssija liittyen diagnostiikkaan, minkä jälkeen osallistuttiin mekaanikoille tarkoitettuihin diagnostiikkakoulutuksiin. Seuraavaksi osallistuttiin diagnostiikkakoulutuksiin järjestäjän ja kouluttajan roolissa. Tämän pohjalta lähdettiin suunnittelemaan toteutettavia vikatilanteita tulevaan vikasimulaatioautoon. Kaukosäätöisen kytkennän toteutus päätettiin nopean vertailun jälkeen toteuttaa Arduino-mikrokontrollerin ja siihen liitettävän lisäosan avulla.</p> <p>Lopputuloksena saatiin luotua vikasimulaatioauto viidellä eri vikatilanteella, joita voidaan kytkeä puhelinsovelluksen avulla. Ohjauksen toteuttaminen Arduino-kehitysalustalla mahdollistaa sen monipuolisuuden ansiosta lisävikojen toteuttamisen autoon. Myös erilaisten lisäkorttien, kuten CAN-väylän kanssa kommunikoivien lisäosien, liittäminen autoon on mahdollista tulevaisuudessa. Autoa ei kuitenkaan päästy käyttämään koulutustilaisuuksissa vielä tämän opinnäytetyön valmistumishetkellä johtuen kaikkien koulutuksien peruuntumisesta koronavirusepidemian vuoksi.</p>	
Avainsanat	Diagnostiikka, vianhaku, koulutus

Author Title	Joonas Eskola Fault Simulator for Diagnostic Training
Number of Pages Date	30 pages +1 appendix 12 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Electronics Engineering
Instructors	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer Jarno Kuusisto, Technical & Service Senior Manager Tuomas Martansaari, Principal
<p>This Bachelor's thesis was assigned by Toyota Auto Finland Ltd. The purpose of the thesis was to manufacture a fault simulator car for the diagnostic training of the Toyota mechanics. The aim was to build a few remotely controlled fault situations and document the easiest and shortest way to find each fault. The execution of the remote control was required to be as simple and cost-moderate.</p> <p>The project was started by getting familiar with the Toyota training process. Firstly, Toyota diagnosis related web courses were attended and completed. Secondly, diagnosis and troubleshooting classroom education courses for mechanics were attended. Finally, diagnosis and troubleshooting courses were attended in the role of a trainer. Participation in the Toyota training process created a foundation for planning of the fault finding planning process in the fault simulator car. After a prompt analysis, a decision was made to carry out the remote controlling process by using the Arduino development board with an expansion shield.</p> <p>As a result of this thesis a fault simulator car with five different, smartphone controllable electronic fault situations was built. Executing the remote control operation with Arduino makes it possible to create more fault finding situations for the simulator car in the future. Attaching various expansion shields, for example shields that are capable to communicate with CAN buses, will also be possible. Due to cancellation of all the training courses caused by Covid-19, it has not yet been possible to use the fault simulator car for educational purposes.</p>	
Keywords	Diagnostics, Troubleshooting, Training

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kurssien sisältö ja suunnittelu	2
2.1	Vianhakuun liittyvien kurssien sisältö	2
2.2	Vikojen suunnittelu	2
3	Vikojen ohjaus	3
3.1	Arduino	3
3.2	1Sheeld	3
3.3	Kehitysalustan ja puhelimen kytkentä	4
3.4	Kytkenät	5
4	Vika 1	5
4.1	Asiakasvalitus – Oikea ajovalo ei toimi	5
4.2	Vianhaun kulku	5
5	Vika 2	7
5.1	Asiakasvalitus – Auto ei käynnisty, käynnistin ei toimi	7
5.2	Vianhaun kulku	7
6	Vika 3	15
6.1	Asiakasvalitus – Mittaristossa palaa useita vikavaloja	15
6.2	Vianhaun kulku	15
7	Vika 4	21
7.1	Asiakasvalitus – mittaristossa palaa vikavaloja	21
7.2	Vianhaun kulku	21
8	Vika 5	25
8.1	Asiakasvalitus – ABS-järjestelmän vikavalot palavat	25

8.2	Vianhaun kulku	25
9	Yhteenveto	29
	Lähteet	30
	Liitteet	
	Liite 1. Ohjelmointikoodi	

Lyhenteet

BLE	Bluetooth Low Energy. Lyhyen matkan langaton likiverkkotekniikka, jota nykyaikaiset langattomat laitteet käyttävät.
ECM	Engine Control Module. Moottorinohjainlaite
MIL	Malfunction Indicator Lamp. Vikavallo
ECU	Electronic Control Unit. Ohjainlaite.
CAN	Controller Area Network. Väylästandardi.
ABS	Anti-lock Braking System. Lukkiutumaton jarrujärjestelmä.
VSC	Vehicle Stability Control. Ajovakauden hallintajärjestelmä.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty tilaustyönä Toyota Auto Finland Oy:lle ja erityisesti sen sisäiselle Toyota Ammattioppilaitokselle. Tämän työn tavoitteena on valmistaa koulutus-auto Toyota-verkoston mekaanikkojen diagnostiikkakoulutuksia varten. Projektilla pyritään helpottamaan kouluttajien työtä, sillä erilaisten vikatilanteiden suunnittelu ja toteuttaminen autoon vie paljon aikaa. Tilaajan toiveesta, vikatilanteiden kytkentä on toteutettu kaukosäätöisesti. Rakennetut vikatilanteet liittyvät moottorin -ja voimansiirronohjaukseen, sekä alustan ja korin sähkötekniikkaan.

Elektroniikan yleistyminen autoissa vaatii mekaanikkoja opiskelemaan sähköistä vianhakua ja diagnostiikkaa aikaisempaa enemmän. Uusien mallien ja tekniikoiden kehitys vaatii mekaanikkoja kouluttautumaan jatkuvasti. Autojen suuret sähköjärjestelmät ja valtavat määrät elektroniikkaa lisäävät mahdollisia vioittuvia kohteita. Onneksi myös erilaiset testilaitteet ja valmistajien korjausoppaat kehittyvät koko ajan. Mekaanikot voivat hyödyntää myös erilaisia tiedote- ja raporttikantoja, joita on koostettu esiintyneistä vioista. Vianhaun apuna käytettävien laitteiden ja tietokantojen käytön tuntemisen lisäksi tarvitaan kärsivällisyyttä ja aikaa, mikä voi tuottaa ongelmia kiireisissä korjaamo-olosuhteissa. Vianetsinnässä ei ole vain yhtä oikeaa tapaa. Oikeaan lopputulokseen päästää järjestelmällisen ja johdonmukaisen työskentelyn ja hyvän dokumentoinnin avulla.

Toyota Ammattioppilaitos on aina autoalan maahantuojaan ylläpitämä yksityinen ammattioppilaitos, joka on Opetushallituksen valvoma. Toyota Ammattioppilaitos on osa Toyota Auto Finland Oy:n jälkimarkkinointiyksikköä, ja se tarjoaa ajankohtaista koulutusta Toyota-verkoston kaikille ammattiryhmille. Pääpaino kohdistuu kuitenkin verkoston sähkötyöturvallisuuskoulutuksiin ja mekaanikkojen tasokokeita tukeviin koulutuksiin. Ammattioppilaitoksella toimii kolme päätoimista kouluttajaa, minkä lisäksi kouluttamiseen osallistuu henkilöitä Toyota Auto Finlandin ja Toyota Finance Finlandin henkilöstöstä oman toimensa ohella. Koulutusta täydennetään ulkopuolelta ostettavilla koulutuksilla. Näillä järjestelyillä saadaan toteutettua kurssitoimintaa, verkkokoulutusta ja oppisopimuskoulutusta. Vianetsintään liittyviin koulutuksiin osallistuu vuosittain yli 100 henkilöä. [1]

Opinnäytetyön keskeisenä lähteenä on käytetty Toyotan korjaamokirjallisuutta [2]. Kuvamateriaali on Toyotan korjaamokirjallisuudesta [2], jos ei toisin mainita.

2 Kurssien sisältö ja suunnittelu

Ennen vikasimulaattoriauton suunnittelemista tutustuttiin Toyotan koulutusprosessiin. Aluksi perehdyttiin mallien tekniikkaan, minkä jälkeen suoritettiin diagnostiikan verkkokursseja. Seuraavaksi oppeja päästiin hyödyntämään mekaanikoille suunnatuilla vianetsinnän kursseilla, jotka toteutettiin lähiopetuksena. Lopuksi osallistuttiin samaisten kursien järjestämiseen ja toimittiin niissä kouluttajan roolissa. Näin saatiin kattava kuva koulutustilanteista ja käytännön järjestelyistä niin koulutettavien kuin kouluttajienkin näkökulmasta. Tältä pohjalta lähdettiin suunnittelemaan toteutettavia vikatilanteita.

2.1 Vianhakuun liittyvien kurssien sisältö

Toyota-mekaanikkojen diagnostiikkakoulutus on yleensä kaksipäiväinen. Kurssin ohjelma aloitetaan kurssin sisällön läpi käymisellä, jota seuraa yleisien vianhaun periaatteiden ja apuvälineiden kertaus. Erilaisia vianhakurasteja mekaanikko ehtii kurssin aikana suorittaa noin 6 kpl. Yhdelle rastille varataan aikaa noin pari tuntia. Kurssin lopuksi mekaanikot kertovat vuorotellen, miten ovat edenneet tietyllä rastilla ja voivat vaihtaa kokemuksiaan muiden kanssa rasteista. Tämän jälkeen käydään läpi helpoin ja nopein tie vian löytämiseksi.

2.2 Vikojen suunnittelu

Mekaanikkojen vianhakutaitojen ja testilaitteiden käytön taso vaihtelee kokemuksien mukaan merkittävästi. Tämä vaikuttaa yhdessä rajallisen ajan kanssa siihen, minkälaisia vikatilanteita vianhakuautoon voidaan toteuttaa. Vika tulisi olla löydettävissä ja auto palautettuna aloitustilanteeseen parissa tunnissa. Käytännössä tämä tarkoittaa, ettei vikaa etsiessä autoa voi purkaa kovin perusteellisesti.

3 Vikojen ohjaus

Vikatilanteet kytketään optosuojattujen relekorttien avulla ja niiden ohjaus tapahtuu puhelinsovelluksen ja Arduino-mikrokontrollerin avulla, johon on liitetty 1Sheeld-lisäosa. 1Sheeld tarjoaa valmiin käyttöjärjestelmän mobiililaitteelle, ja sillä on oma koodikirjasto sovelluksen eri Shieldeille. Mobiililaite yhdistetään mikrokontrolleriin Bluetoothin kautta.

3.1 Arduino

Arduino on helppokäyttöinen avoimen lähdekoodin elektroninen kehitysalusta. Laitteessa on ohjelmoitava mikroprosessori, joka mahdollistaa signaalien lukemisen ja lähettämisen. Laitteen ohjelmointi tapahtuu erillisen Arduino IDE -ohjelman avulla. Laitteeseen on mahdollista liittää erilaisia lisälevyjä, joita kutsutaan shieldeiksi. [3] Tässä työssä on käytetty Arduinon mallia Uno Rev3 (kuva 1).

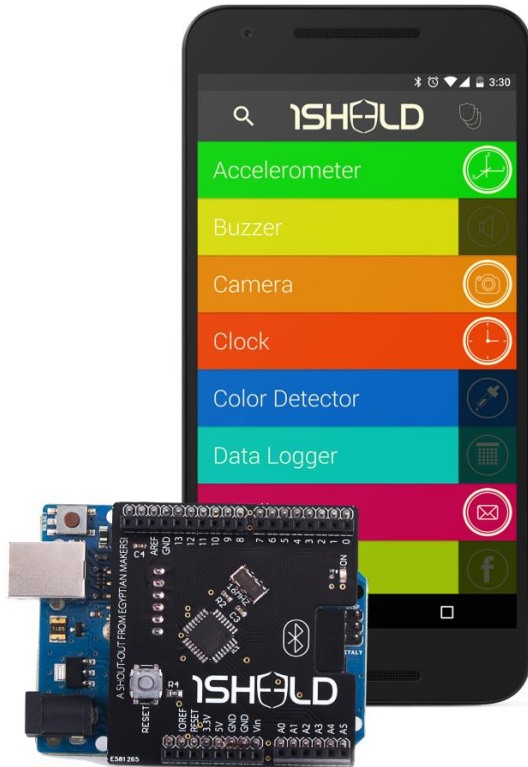


Kuva 1. Arduino Uno Rev3 [4].

3.2 1Sheeld

Tuote koostuu kahdesta osasta: shieldistä, jossa on mikrokontrolleri ja BLE-moduuli, sekä puhelinsovelluksesta, jolla voidaan mm. ohjata mikrokontrolleria tai hyödyntää pu-

helimen antureita ja ominaisuuksia. 1Sheeld (kuva 2) tarjoaa valmiin ohjelmointikoodikirjaston, jossa ovat koodit kaikkiin sovelluksen shieldeihin. Koodeja voi myös muokata tai sitä luoda itse. [5]



Kuva 2. 1Sheeld [5].

3.3 Kehitysalustan ja puhelimen kytkentä

1Sheeldin lisälevy asennetaan Arduinoon päälle. Ohjelmistokoodi ladattiin 1Sheeldin kirjastosta ja muokattiin Arduino IDE-ohjelman avulla. Ohjelman kautta koodi myös ladattiin laitteeseen. Puhelin yhdistetään laitteeseen Bluetooth:n kautta. Työssä käytetty ohjelmointikoodi löytyy liitteistä.

3.4 Kytkenät

Vikojen kytkentä on toteutettu optosuojusten vaihtoreleiden avulla. Arduino-kehitysalusta antaa puhelimesta komennon saadessaan ohjausjännitteitä releille. Viat on toteutettu asentamalla rele johtimen väliin. Tilaa vaihtaessaan rele katkaisee virran kulun johtimesta tai osassa vioista yhdistää sen toiseen johtimeen luoden oikosulun.

4 Vika 1

4.1 Asiakasvalitus – Oikea ajovalo ei toimi

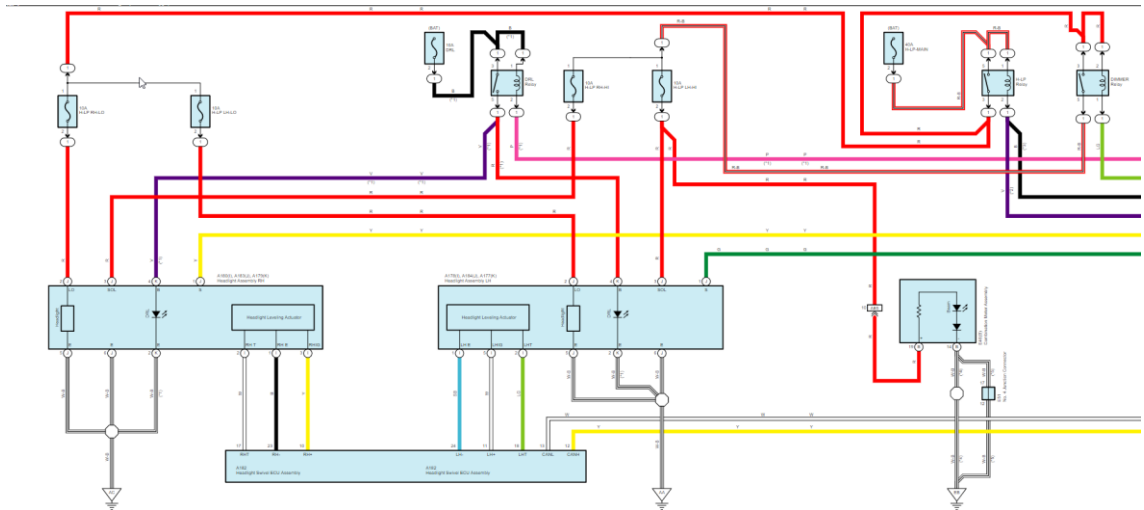
Vikatilanne: oikean puolen ajovalo eikä kaukovalo toimi. Vilkku ja seisontavalot toimivat. Vasemman puolen ja takavalot toimivat normaalisti.

4.2 Vianhaun kulku

Mekaanikko toteaa asiakasvalituksen todeksi. Hän näkee auton tiedoista tai toteaa silmäämääräisesti autossa olevan LED-ajovalot, joten umpiossa ei ole vaihdettavia ajovalopolttimoita.

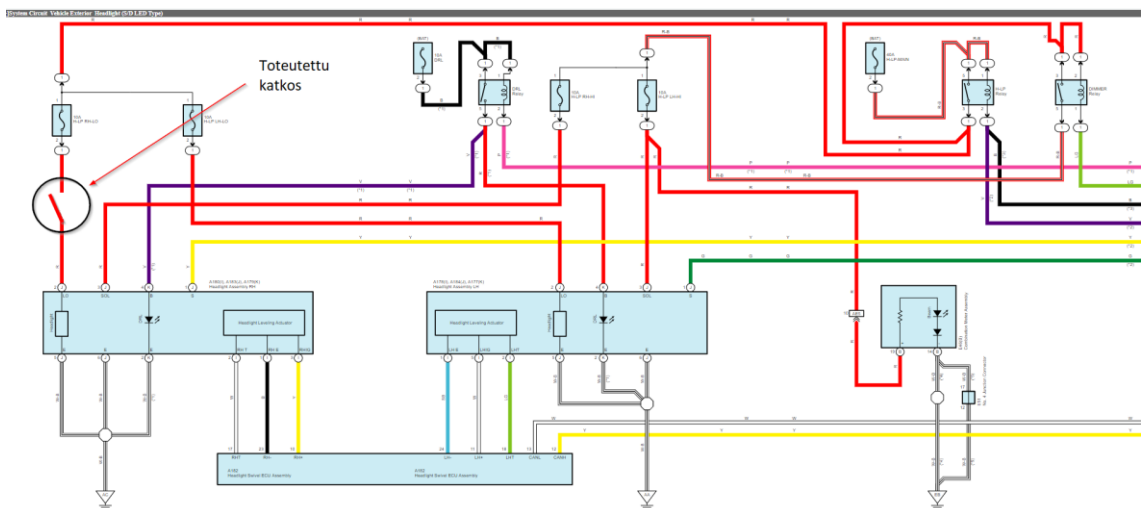
Seuraava looginen vaihe on tarkastaa sulake, joka sijaitsee helppossa paikassa konehuoneen sulakerasiassa. Sulakkeen todetaan olevan ehjä. Samalla mekaanikko tarkistaa tuleeko sulakkeelle jännite – tulee.

Tässä vaiheessa voi jo päätellä vian sijaitsevan joko ajovaloumpiossa itsessään tai siihen tulevassa virtapiirissä. Kytkentäkaaviosta (kuva 3) saa selville umpion liittimelle tulevat johtimet. Kytkentäkaaviosta havaitaan, että liittimen nastaan numero 2 pitäisi tulla jännite sulakkeelta.



Kuva 3. Ajovalojen kytkentäkaavio.

Kun jännitettä mitataan nastan 2 ja maapotentiaalin väliltä valon ollessa kytkettynä, tulokseksi saadaan 0,0 voltia. Nyt vian voi päätellä olevan sulakkeen ja ajovaloumpion liittimen välisessä johtimessa. Tämän voi vielä tarkastaa vastusmittauksella, jolloin mittari näyttää tulokseksi odotetusti ääretöntä. Kuvassa 4 vielä havainnollistettu katkoksen sijainti.



Kuva 4. Vian sijainti.

5 Vika 2

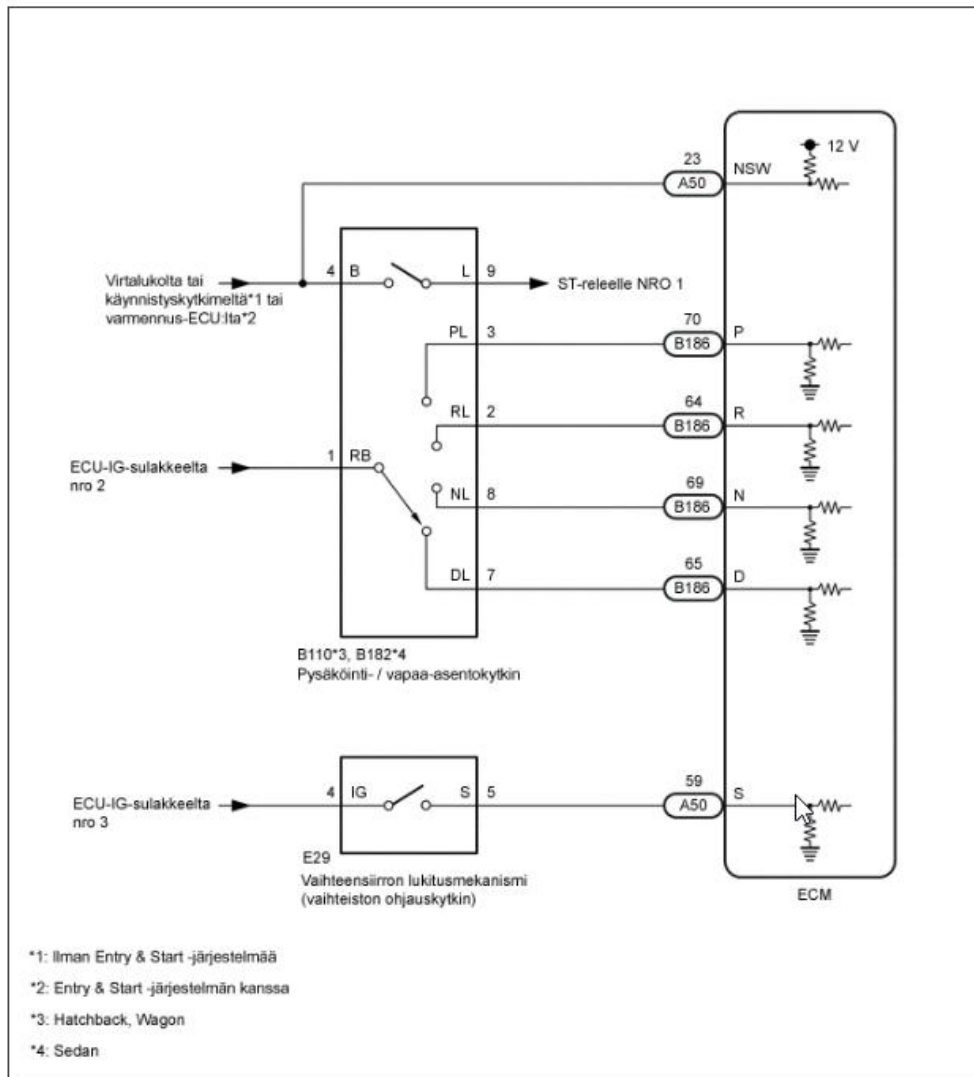
5.1 Asiakasvalitus – Auto ei käynnisty, käynnistin ei toimi

Vikatilanne: virta-avainta käännettäessä mitään ei tapahdu. Käynnistinmoottori ei pyöri lainkaan. Mittaristossa palaa valot. Vaihteenvaihtajien valot eivät pala.

5.2 Vianhaun kulku

Testerillä on vikakoodi P0705, joka viittaa vaihteenvaihtajien asentotunnistimen piiriin toimintahäiriöön (PRNDL-tulo). Tässä vaiheessa otetaan käyttöön TechDocin korjausopas. Korjausopas kertoo ensimmäiseksi vian kuvauksen, vikakoodin tunnistuksen ehdot ja mahdolliset ongelma-alueet. Korjausohje näyttää myös pelkistetyn version vikaan liittyvästä kytkentäkaaviosta. KytKentäkaavio on kuvassa 5.

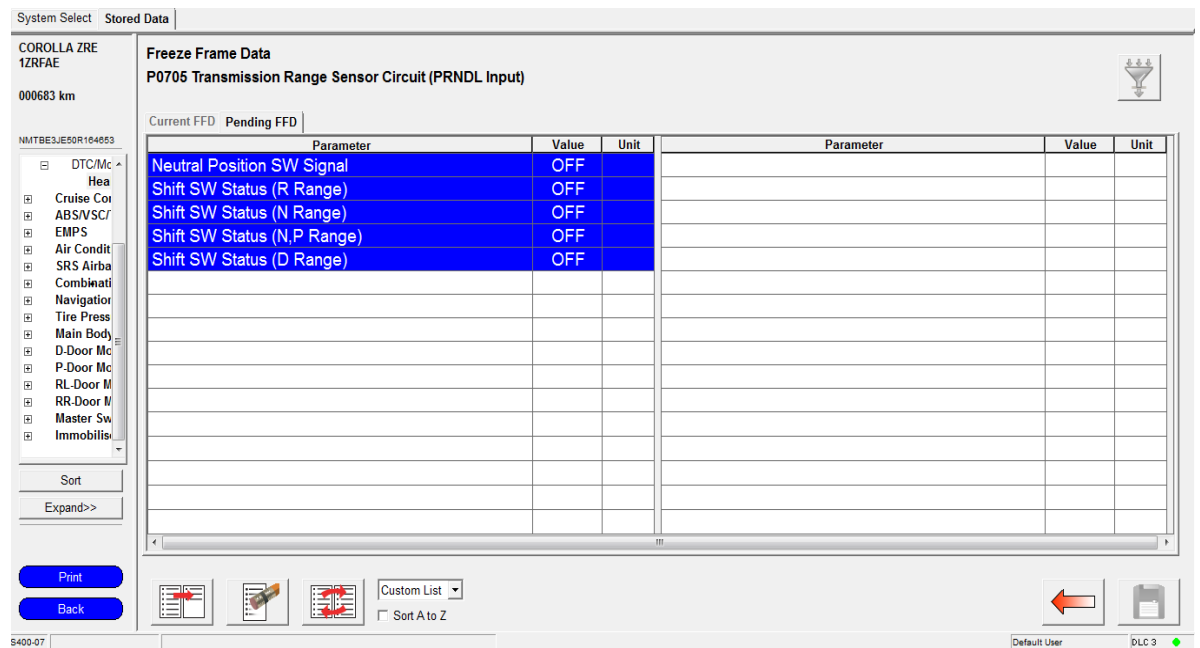
KYTKENTÄKAAVIO



Kuva 5. Vaihteiston vapaa-asentokytkimen kytkentäkaavio.

Vikakoodin valvontakuvaus: Vikakoodi ilmoittaa pysäköinti-/vapaa-asentokytkimeen tai pysäköinti-/vapaa-asentokytkimen piirin johdinsarjaan liittyvän ongelman. Pysäköinti-/vapaa-asentokytkin tunnistaa vaihteenvaihtamisen asennon ja lähettää signaalin ECM:lle. Turvallisuussyistä pysäköinti-/vapaa-asentokytkin havaitsee vaihteenvaihtamisen asennon ja estää moottorin käynnistämisen muussa kuin vaihteenvaihtamisen P- tai N-asennossa. Pysäköinti-/vapaa-asentokytkin lähettää signaalin ECM:lle vaihteenvaihtamisen asennon (P, R, N, D tai M) mukaan. ECM päättää, että kytkin tai siihen liittyvä osa on vikaantunut, mikäli se ottaa vastaan enemmän kuin 1 asentosignaalin samanaikaisesti. ECM sytyttää sitten MIL-valon ja tallentaa vikakoodin.

Korjausohje neuvoo tarkastamaan testerillä datalistasta vapaa-asentokytkimen signaalin ja valintakytkimen tilat. Testerin tulokset on esitetty kuvassa 6.



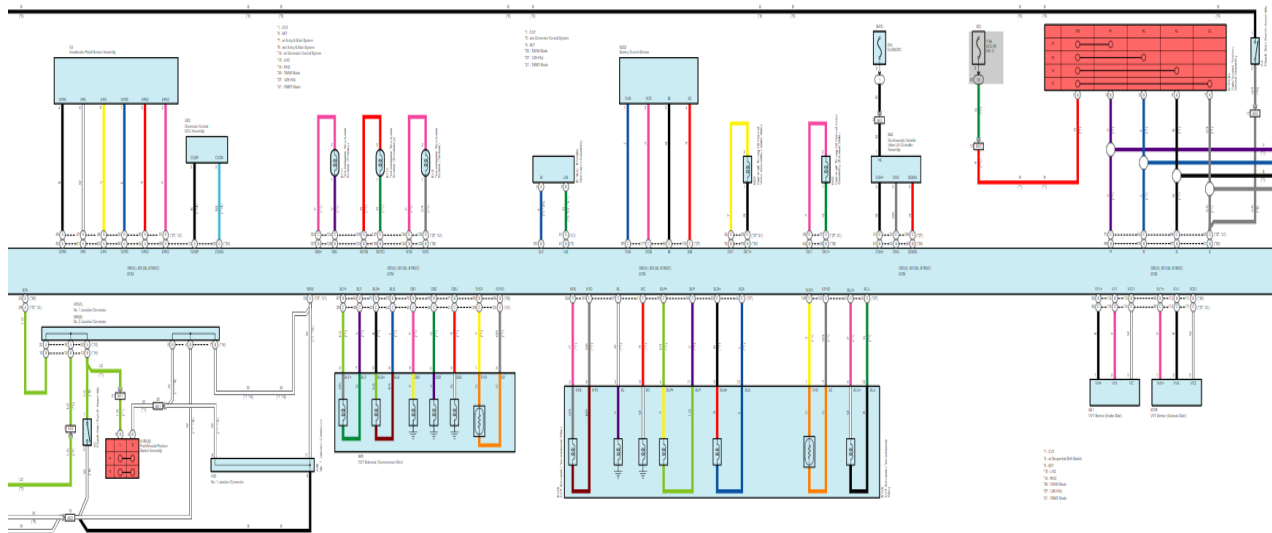
Kuva 6. Ohjainlaite ei tunnista vaihteenvaihtimen tiloja.

Ohjausarvot eivät ole normaalit, joten korjausohje ohjastaa tarkistamaan johdinsarjan ja liittimen väliltä akku – vapaa-asentokytkin. Jännite mitataan väliltä akku – vapa-asentokytkimen liitin (B182) nasta 1 väliltä. Tulokset esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Mittaustulokset akun ja vapaa-asentokytkimen väliltä

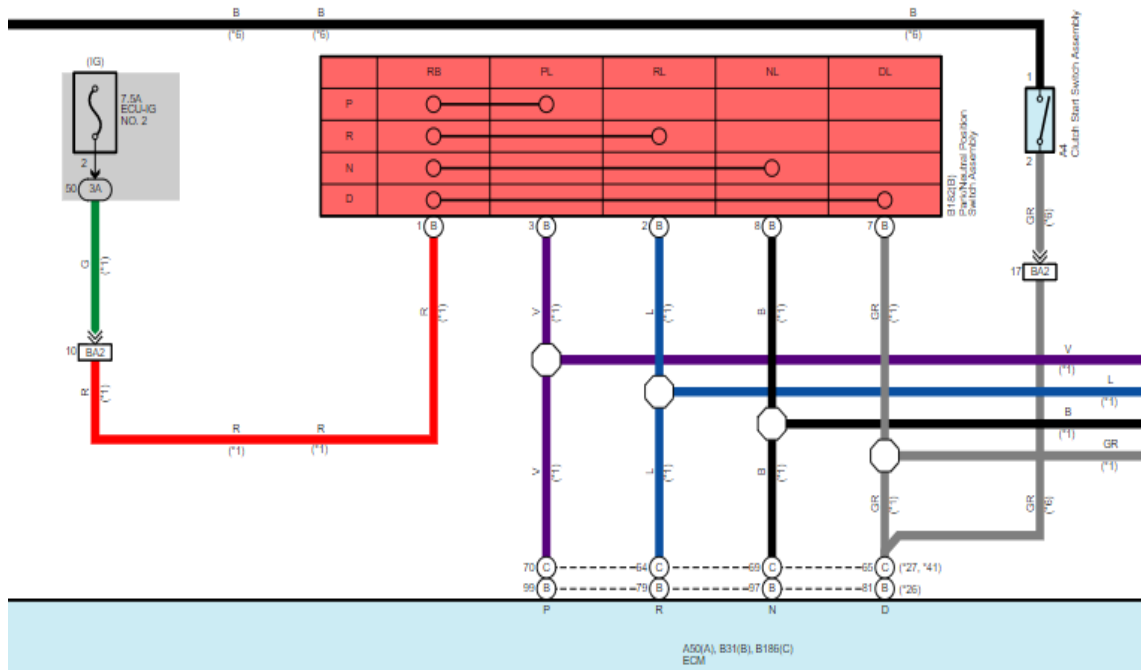
Tester Connection	Condition	Specified Condition	Result
B182-1 (RB) – Body ground	Ignition ON switch	11 to 14 V	0,20 V
B182-1 (RB) – Body ground	Ignition OFF switch	Below 1 V	0 V

Tulosten mukaan vapaa-asentokytkimelle ei tulisi ollenkaan jännitettä akulta. Oikeassa kytkentäkaaviossa vapaa-asentokytkin on esitetty kahdessa eri kohtaa johtuen johtimien reitityksestä. Vapaa-asentokytkimen sijainnit kytkentäkaaviossa esitetty alla.



Kuva 7. Vapaa-asentokytkimen kytkentäkaavio. Kytkin merkitty punaisella.

Paremmen luettavuuden vuoksi kytkentäkaavio on jaettu kahteen osaan. Seuraavassa kuvassa nähdään mitattu väli akulta liittimelle B182.

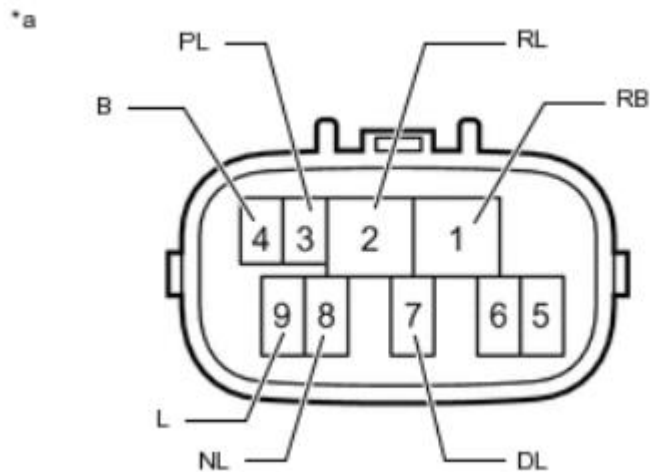


Kuva 8. Jännitetulo vapaa-asentokytkimelle.

KytKentäkaaviosta huomataan, että akun ja liittimen B182 välissä on vielä sulake ja liitin BA2. Sulake todetaan ehjäksi. Seuraavaksi mitataan jännite liittimen BA2 nastan 10 ja maapotentiaalin väliltä, jonka tulokseksi saadaan 12,3 V. Voidaan todeta, että vika sijaitsee liittimen BA2 ja vapaa-asentokytkimen välillä.

Tässä vaiheessa mekaanikolle sanotaan, että vika on nyt korjattu hyppyjohdolla, ja vika kytketään pois päältä. Auto ei vielä käynnisty, mutta vaihdevalitsimeen tulee nyt valot. Testeri ei anna enää vikakoodia.

Korjausohje neuvoo seuraavaksi tarkistamaan vapaa-asentokytkimen (kuva 9) mittaamalla sen vastusmittauksella. Mittaustulokset esitetty taulukossa 2.



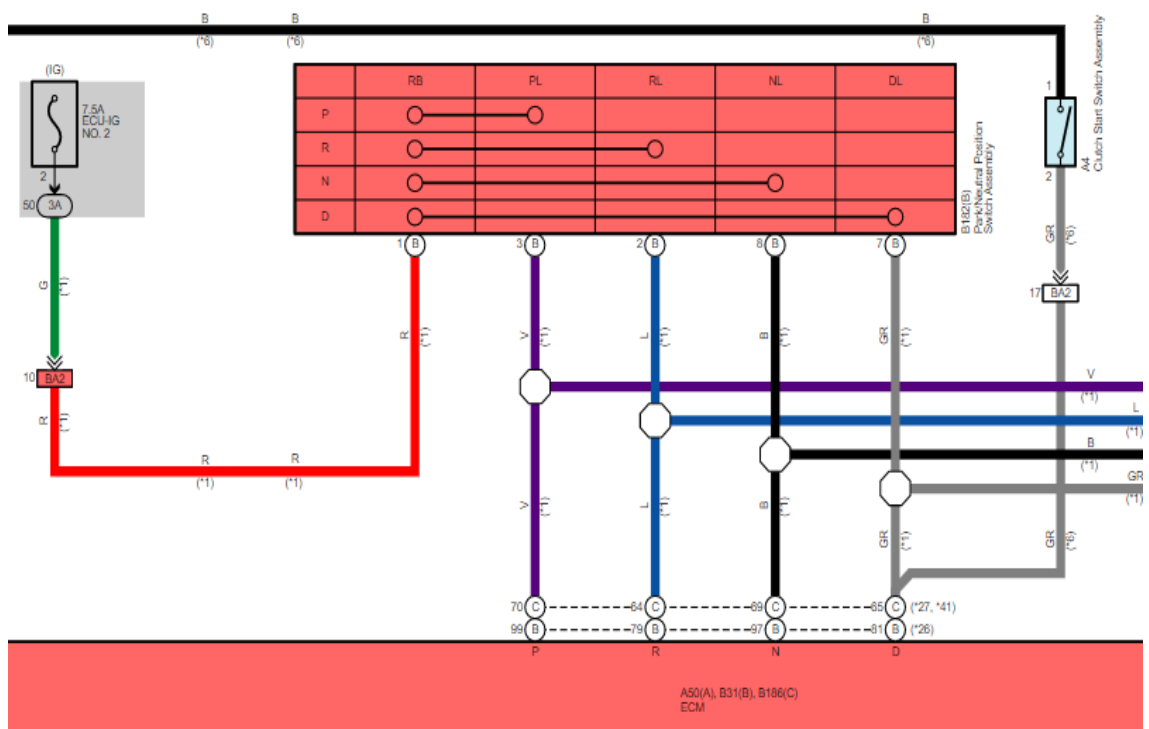
Kuva 9. Vapaa-asentokytkin johdinsarja irrotettuna.

Taulukko 2. Vapaa-asentokytkimen tulokset.

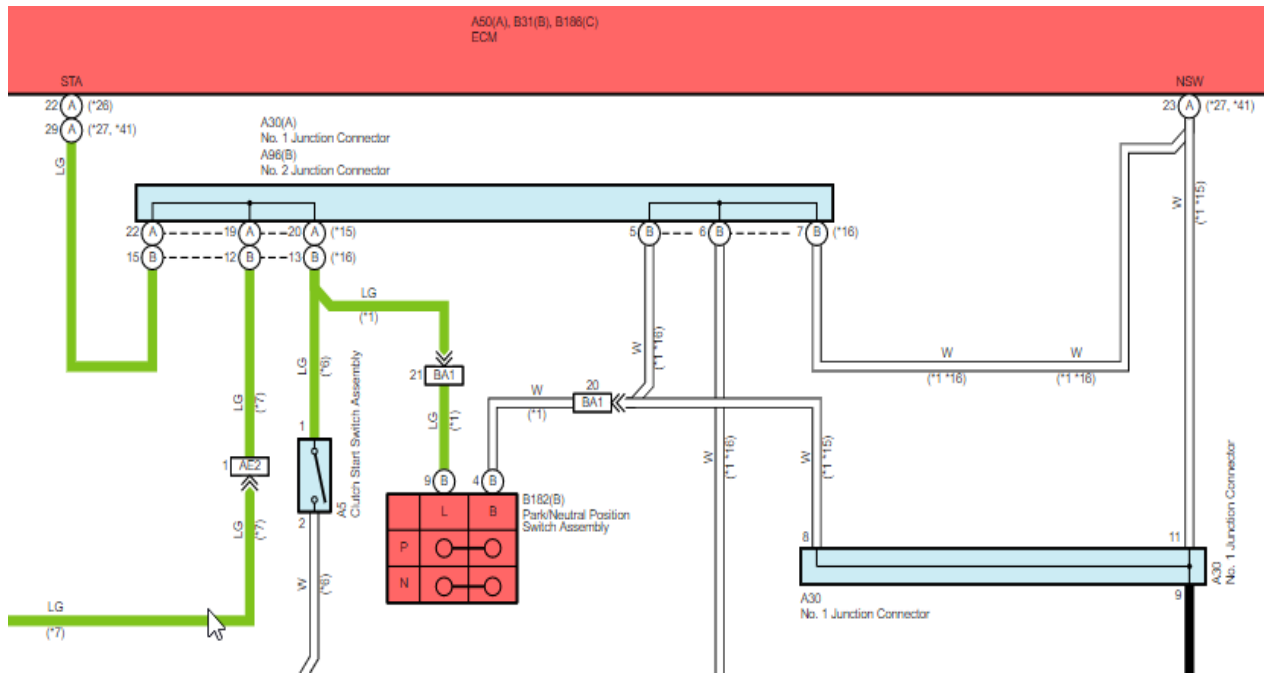
Tester			
Connection	Condition	Specified Condition	Result
4 (B) - 9 (L)	Shift lever in P or N	Below 1 Ω	0,1 Ω
	Shift lever not in P or N	10 k Ω or higher	∞
1 (RB) - 3 (PL)	Shift lever in P	Below 1 Ω	0,1 Ω
	Shift lever not in P	10 k Ω or higher	∞
1 (RB) - 2 (RL)	Shift lever in R	Below 1 Ω	0,1 Ω
	Shift lever not in R	10 k Ω or higher	∞
1 (RB) - 8 (NL)	Shift lever in N	Below 1 Ω	0,1 Ω
	Shift lever not in N	10 k Ω or higher	∞

Tester			
Connection	Condition	Specified Condition	Result
1 (RB) - 7 (DL)	Shift lever in D	Below 1 Ω	0,1 Ω
	Shift lever not in D	10 k Ω or higher	∞

Tuloksista voidaan päätellä kytkimen olevan kunnossa. Seuraavaksi korjausohje käskää mitata johtosarjan vapaa-asentokytkimen ja ECM:n väliltä. Johtosarja haarautuu kahteen liittimeen ECM:lle. Mitatut välit esitetty kuvissa 10 ja 11. Mitatut tulokset esitetty taulukossa 3.



Kuva 10. Kytcentä väliltä vapaa-asentokytkin B182 – ECM B186.

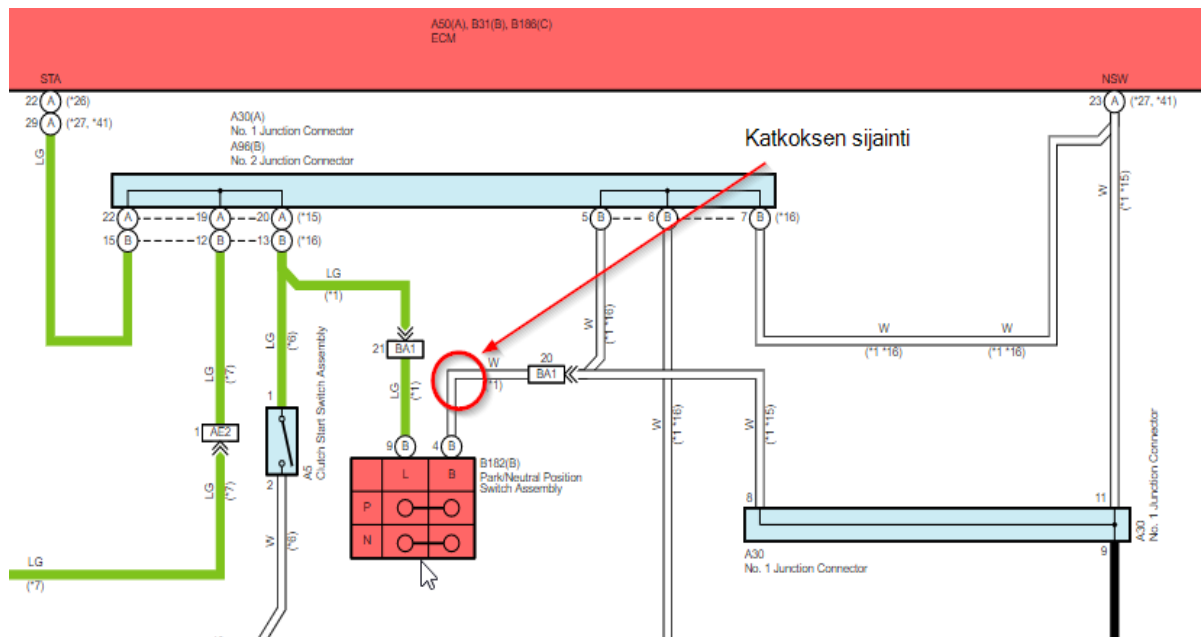


Kuva 11. Kytkentä väliltä vapaa-asentokytkin B182 – ECM A50.

Taulukko 3. Mittaustulokset

Tester Connection	Condition	Specified Condition	Result
B182-3 (PL) - B186-70 (P)	Always	Below 1 Ω	0,4 Ω
B182-2 (RL) - B186-64 (R)	Always	Below 1 Ω	0,4 Ω
B182-8 (NL) - B186-69 (N)	Always	Below 1 Ω	0,3 Ω
B182-7 (DL) - B186-65 (D)	Always	Below 1 Ω	0,4 Ω
B182-4 (B) - A50-23 (NSW)	Always	Below 1 Ω	∞

Mittaustulokset osoittavat, että välillä B182-4 - A50-23 ei ole yhteyttä. Tuolla välillä on vielä liitin BA1. Liittimeltä BA1 mitattu vasta vapaa-asentokytkimelle näyttää ääretöntä, joten vika on paikallistettu niiden väliseen johtimeen. Vika osoitettu kuvassa 12.



Kuva 12. Vian sijainti.

Johdon korjaamalla auto lähtee toimimaan normaalisti.

6 Vika 3

6.1 Asiakasvalitus – Mittaristossa palaa useita vikavaloja

Vikatilanne: Vikavalot palavat. Ajotietokone herjaa LDA-kaistavahtijärjestelmästä, Pre-Crash Safety -järjestelmästä ja moottorin öljynpaineesta. Testerillä ei saada yhteyttä autoon.

6.2 Vianhaun kulku

Korjausoppaasta katsotaan ohjeet verkkojärjestelmien vianhauille. Mikäli testerillä ei saada yhteyttä autoon, korjausohje neuvoo tarkastamaan V-väylän eli DLC3-pistokkeen ja Gateway-ECU:n välisen CAN-väylän.

Ensin tarkastetaan väyläjohtimet DLC3-pistokkeelta alla olevan taulukon mukaisesti. Mittatulokset on esitetty myös taulukossa.

Taulukko 4. Mittatulokset DLC3-pistokkeelta.

Tester Connection	Condition	Specified Condition	Result
E11-6 (CANH) - E11-14 (CANL)	Cable disconnected from negative (-) battery terminal	54 to 69 Ω	60,7 Ω
E11-6 (CANH) - E11-4 (CG)	Cable disconnected from negative (-) battery terminal	200 Ω or higher	6,9 M Ω
E11-14 (CANL) - E11-4 (CG)	Cable disconnected from negative (-) battery terminal	200 Ω or higher	6,9 M Ω
E11-6 (CANH) - E11-16 (BAT)	Cable disconnected from negative (-) battery terminal	6 k Ω or higher	0,78 M Ω
E11-14 (CANL) - E11-16 (BAT)	Cable disconnected from negative (-) battery terminal	6 k Ω or higher	0,77 M Ω

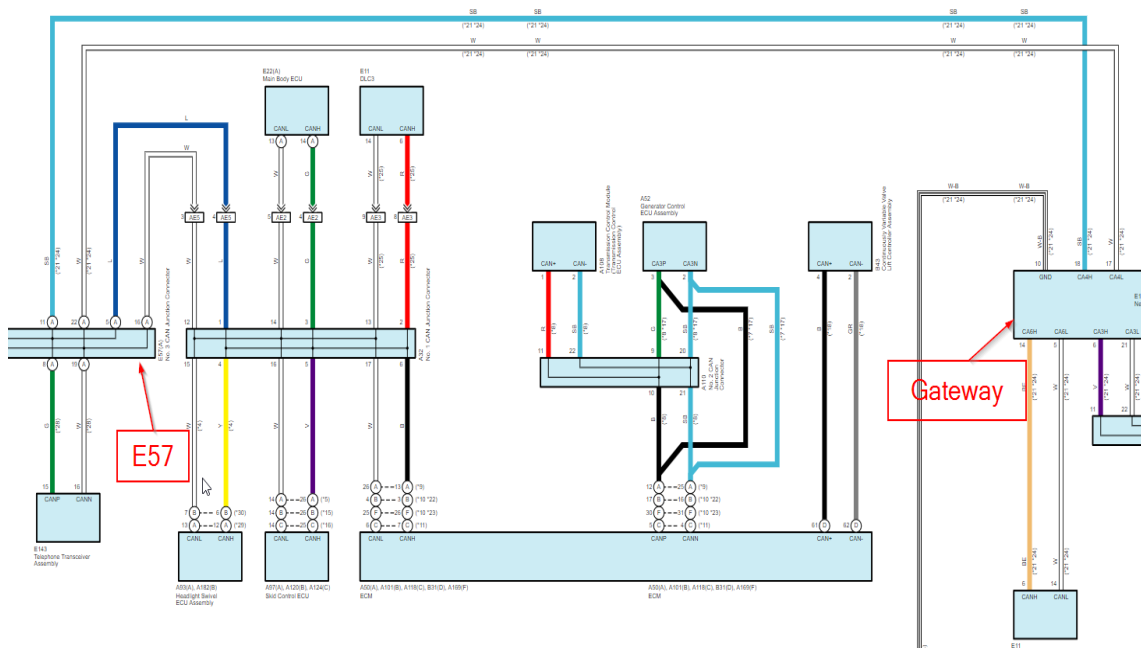
Kaikki tulokset ovat ohjearvoissa, joten seuraavaksi korjausohje neuvoo tarkastamaan virtalähdepiirin Gateway-ECU:n liittimeltä E139. Mittatulokset esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Mittatulokset E139-liittimeltä.

Tester Connection	Condition	Specified Condition	Result
E139-10 (GND) - Body ground	Cable disconnected from negative (-) battery terminal	Below 1 Ω	0,3 Ω
E139-1 (BATT) – Body ground	Always	11 to 14 V	12,3 V

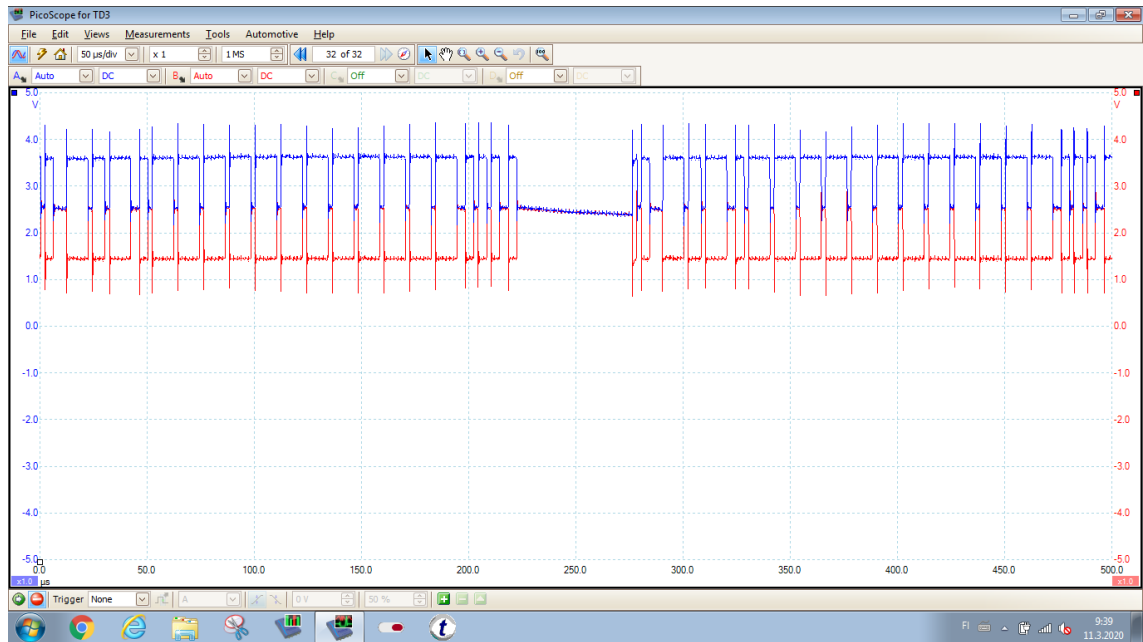
Tester Connection	Condition	Specified Condition	Result
E139-2 (ACC) - Body ground	Ignition switch ACC	11 to 14 V	12,3 V
E139-11 (IG1) - Body ground	Ignition switch ON	11 to 14 V	12,3 V
E139-12 (IG2) - Body ground	Ignition switch ON	11 to 14 V	12,3 V

Kaikki tulokset ovat ohjearvoissa. Korjausohje suosittaa Gateway-ECU:n vaihtoa, mutta kalliin komponentin viallisuudesta tulisi varmistua. Kytkentäkaaviosta (kuva 13) nähdään, että Gateway-ECU:lta lähtee CAN-yhdysväylä liittimelle E57, jonka takana on suurin osa ohjainlaitteista.



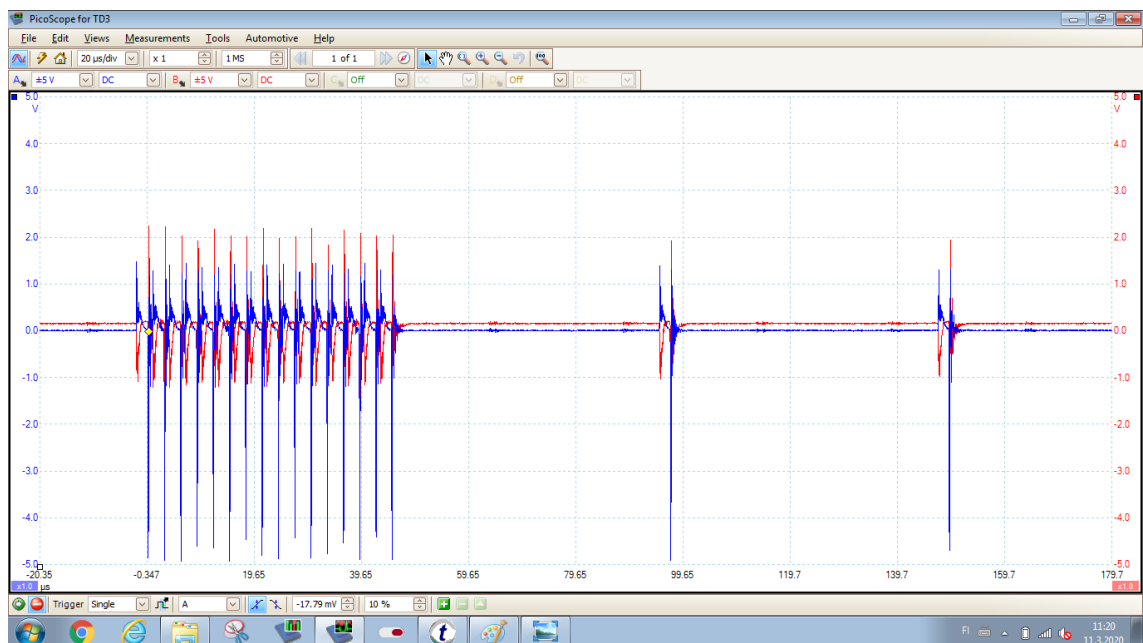
Kuva 13. Mitattavan väylän kaavio.

Väylän saa tarkastettua hyvin oskilloskoopilla, jolloin nähdään sekä jännitetasot, että signaalin muoto. Tiedonsiirtoprotokollana toimii High Speed CAN, jolloin jännitetasot vaihtelevat tietobitin tilasta riippuen. Hallitsevassa tilassa jännitteet ovat 3,5 V CAN_H-johtimessa ja 1,5 V CAN_L-johtimessa. Väistyvässä tilassa kumman johtimen jännite on 2,5 V. Signaalin muoto on kantikasta. [6] Esimerkki oikeanlaisesta signaalista esitetty alla.



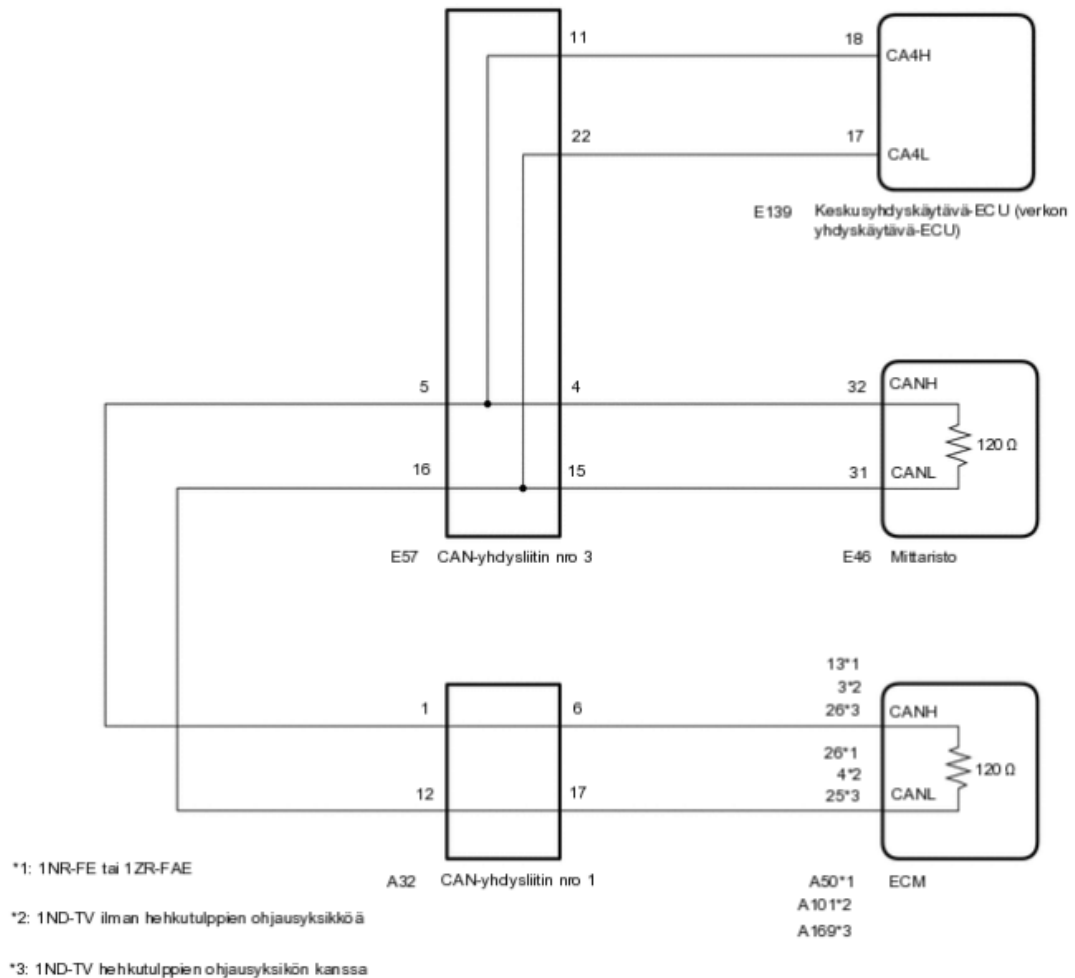
Kuva 14. HS-CAN-väylän signaalitasot normaalitilanteessa.

Seuraavassa kuvassa mitattu yhdysväylän signaali.



Kuva 15. Mitattu signaali yhdysväylästä.

Kuvaajasta nähdään, että väylässä on jotain vikaa. Tässä vaiheessa vikaa kannattaa lähteä etsimään vastusmittauksella. Vastus mitataan väylän High- ja Low-johtimien väliltä. Johtimet ovat Gateway-ECU:n liittimessä E139 nastat 17 ja 18. Kuvassa 16 on havainnollistettu hieman yksinkertaisemmin kytkentäkaavio.



Kuva 16. Yhdyskäytävän kytkentäkaavio.

Verkossa on CAN-protokollan mukaiset kaksi 120 Ω päätevastusta. Päätevastukset ovat kytketty rinnan, joten niiden yhteenlaskettu resistanssi on 60 Ω.

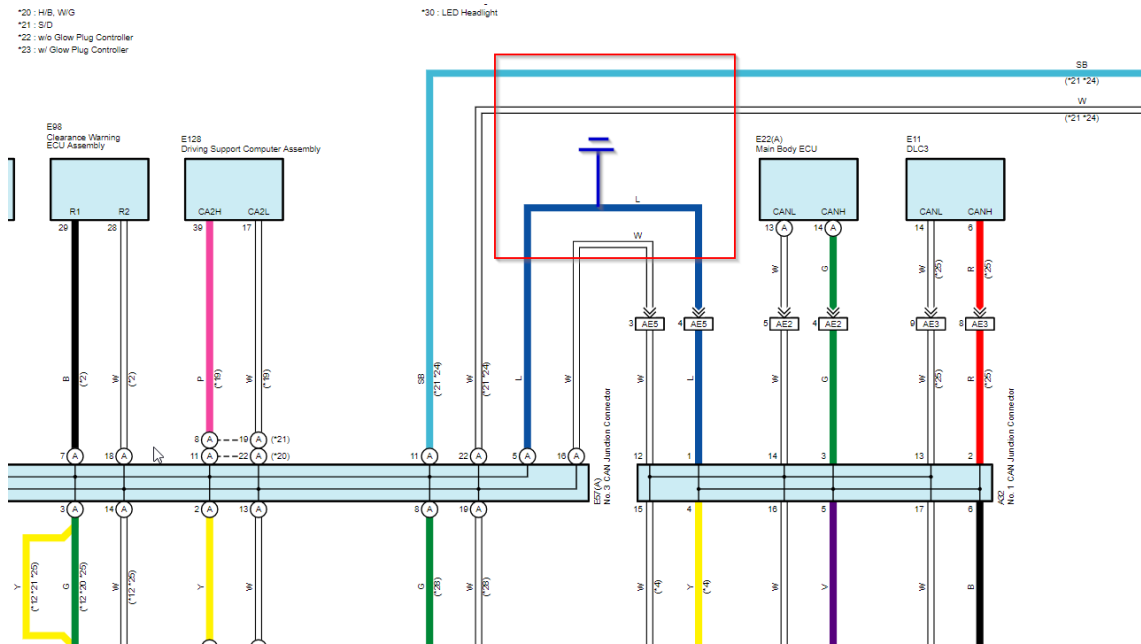
Vastusmittauksella selviää, onko piirissä katkos tai ovatko väyläjohtimet oikosulussa keskenään. Mikäli piiri olisi avoin jostakin kohtaa, mittatulos olisi n. 120 Ω . Oikosulkutilanteessa resistanssi olisi lähellä nollaa.

Vastukseksi mitataan 60,7 Ω , mikä on kunnossa. Seuraavaksi mitataan, ovatko johtimet oikosulussa akun plusjännitteeseen tai maattoon. Tulokset esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Mittatulokset akun plussaa ja maattoon vasten.

Tester Connection	Condition	Specified Condition	Result
E139-18 (CA4H) - E11-16 (BAT)	Cable disconnected from negative (-) battery terminal	6 k Ω or higher	1 M Ω
E139-17 (CA4L) - E11-16 (BAT)			1 M Ω
E139-18 (CA4H) - E11-4 (CG)	Cable disconnected from negative (-) battery terminal	200 Ω or higher	6,3 Ω
E139-17 (CA4L) - E11-4 (CG)			66,3 Ω

Tuloksista voidaan päätellä vian sijaitsevan High-johtimen piirissä, koska se on yhteydessä maihin. Tämä riittää vastaukseksi tältä rastilta johtuen piirin liittimien hankalasta sijainnista ja ajansäästösyistä. Vian lopullinen sijainti merkitty seuraavaan kuvaan.



Kuva 17. Vian sijainti.

7 Vika 4

7.1 Asiakasvalitus – mittaristossa palaa vikavalaja

Vikatilanne: Vikavalot palavat. Ajotietokone herjaa LDA-kaistavahtijärjestelmästä, Pre-Crash Safety-järjestelmästä ja moottorin öljynpaineesta.

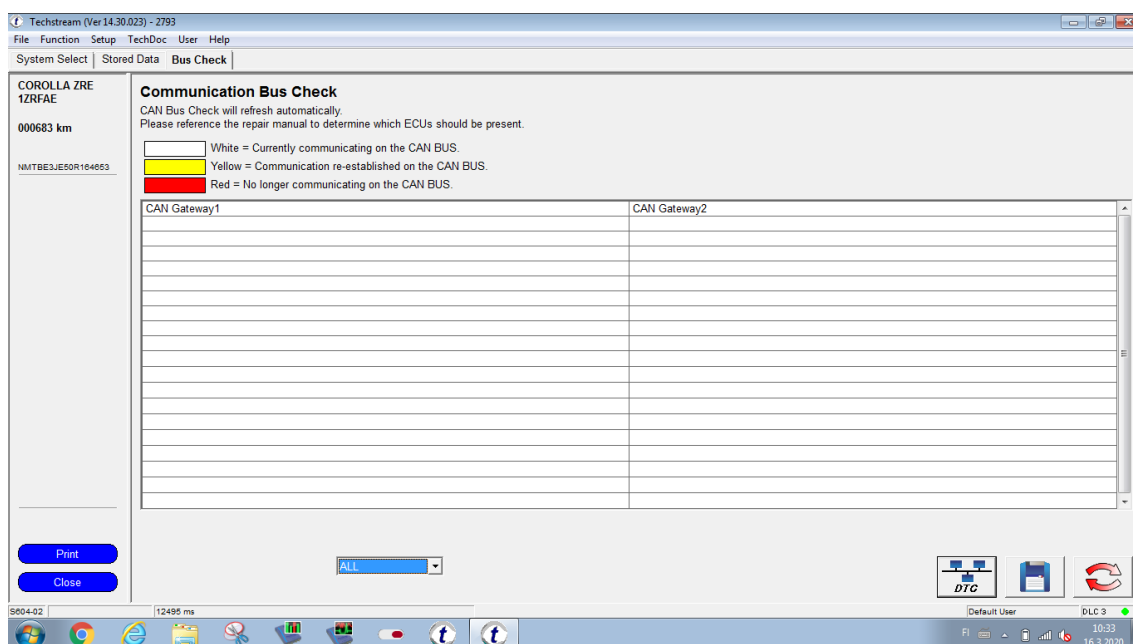
7.2 Vianhaun kulku

Testerit antaa Navigointijärjestelmän ohjainlaitteelta vikakoodit: U0100, U0129, U0140, U0155 ja U0164. Hakemalla TechDocista vikakoodien perusteella korjauskirjoja saadaan navigointijärjestelmän vikakoodeista seuraavat kuvaukset (taulukko 7).

Taulukko 7. Vikakoodien kuvaukset

DTC No.	Detection Item	DTC Detection Condition	Trouble Area
U0100	Engine ECU Communication	CAN reception error	CAN communication system
U0129	VSC(ECB)ECU Communication	CAN reception error	CAN communication system
U0140	Lost Communication with Body Control Module	CAN reception error	CAN communication system
U0155	Meter ECU Communication	CAN reception error	CAN communication system
U0164	Air Conditioner ECU Communication	CAN reception error	CAN communication system

Vika viittaa CAN-väylän kommunikointivirheeseen. Korjausohje neuvoo tekemään ensin CAN-väylän kommunikaatiotarkastuksen testerillä. Testi osoittaa, että yhteys saadaan vain Gateway-ECU:lle.



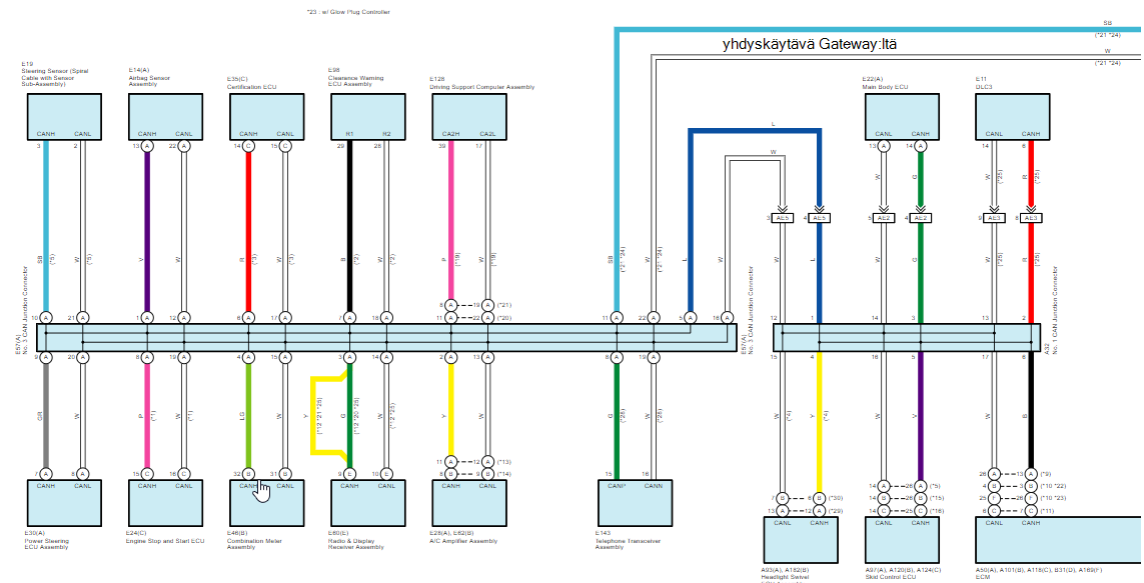
Kuva 18. Väylän kommunikaatiotarkastus.

Seuraavaksi ohjeet neuvovat tarkastamaan yhdysväylän. Mitataan väyläjohtimien välinen vastus Gateway-ECU:n liittimeltä E139. Tulos esitetty alla.

Taulukko 8. Yhdysväylän mittatulos.

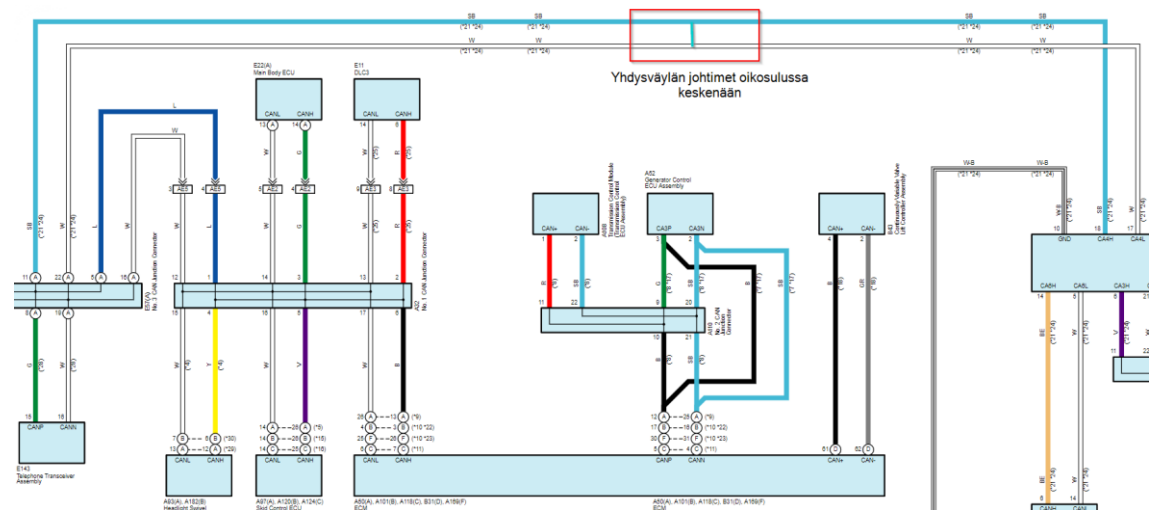
Tester Connection	Condition	Specified Condition	Result
E139-18 (CA4H) - E139-17 (CA4L)	Cable disconnected from negative (-) battery terminal	54 to 69 Ω	0,3 Ω

Väyläjohtimet ovat oikosulussa keskenään. Seuraavaksi lähdetään etsimään oikosulun tarkempaa sijaintia. Kytkenäkaaviosta (kuva 19) nähdään, että piirissä on useita ohjainlaitteita ja pari yhdysliitintä.



Kuva 19. Kytentäkaavio.

Irrotetaan ensimmäinen yhdysliitin E57 ja mitataan yhdyskäytävän puolen väyläjohtimien välinen resistanssi. Tulokseksi saadaan 0,3 Ω , joten oikosulku sijaitsee yhdysväylässä yhdysliittimen E57 ja Gateway-ECU:n E139 välissä. Vian sijainti merkitty alla olevassa kuvassa.



Kuva 20. Vian sijainti.

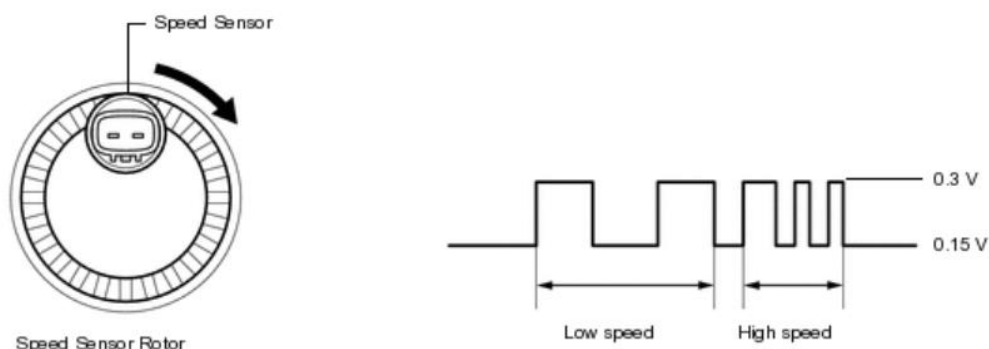
8 Vika 5

8.1 Asiakasvalitus – ABS-järjestelmän vikavalot palavat

Mittaristossa palaa ABS- ja VSC-järjestelmien vikavalot. Testeri antaa vikakoodin C1466.

8.2 Vianhaun kulku

Korjausoppaan mukaan vikakoodi C1466 liittyy oikean takanopeusanturin toimintahäiriöön. Korjausoppaan alussa on myös lyhyt kuvaus nopeustunnistinjärjestelmän ja anturien toiminnasta. Kyseisessä autossa käytetään Hall-IC-tyyppisiä nopeustunnistimia, jotka antavat digitaalisia pulsseja. Ajonopeuden tunnistuksessa käytetään lähtöpulssien taajuutta. Pulssien jännite vaihtelee 0,15 voltista 0,3 volttiin. Tunnistimen toiminta on kuvattu kuvassa 21.

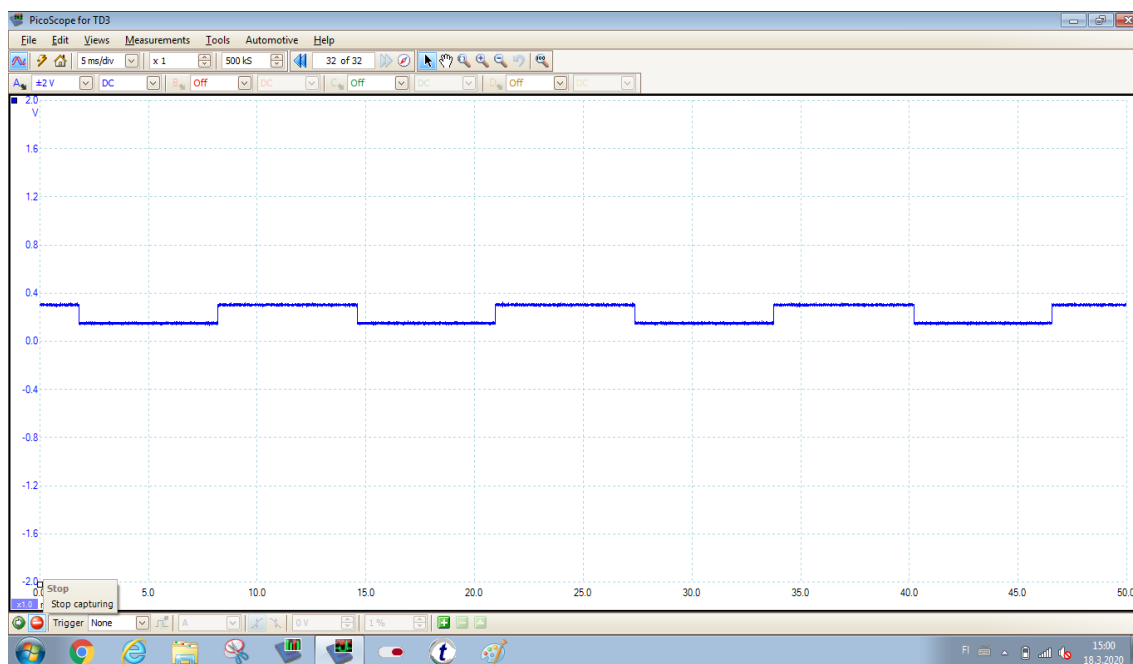


Kuva 21. Nopeustunnistimen signaali.

Ensimmäiseksi korjausopas neuvoo tarkastamaan nopeustunnistimen antaman arvon testerin datalistassa ajoneuvon liikuessa. Muiden pyörien näyttäessä tasaisesti ajoneuvolla ajettavaa nopeutta, oikean takapyörän nopeus näyttää 0 km/h. Seuraavaksi korjausopas ohjeistaa tarkastamaan nopeusanturin asennuksen, joka on kunnossa. Seuraavaa vaihetta eli tunnistimen tarkistusta testitilassa ei voida tällä autolla suorittaa,

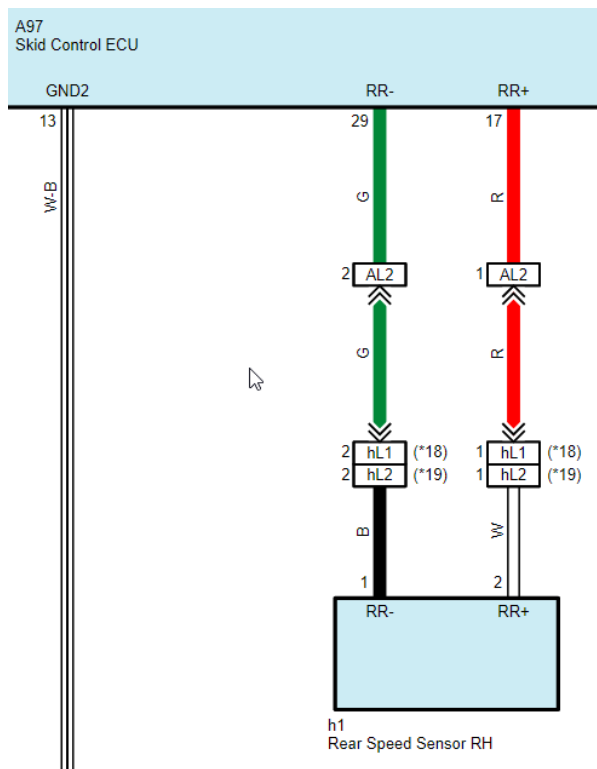
koska se vaatisi autolla ajoa yli 45 km/h pidemmän aikaa, eikä se ole tällä autolla mahdollista.

Tässä vaiheessa helpoin ja nopein keino tunnistimen toiminnan toteamiseksi on mitata sen signaali oskilloskoopilla. Toyotan testilaitteissa on PicoScope valmiiksi kytkettynä, joten sen käyttöönotto on nopeaa. Nopeusanturin ensimmäiseltä liittimen johtojen väliltä mitattu signaali rengasta hiljaa pyörittäessä näyttää seuraavalta (kuva 22).



Kuva 22. Oikean takanopeusanturin mitattu signaali.

Signaalikuvaajan perusteella nopeusanturi on kunnossa. Seuraavaksi korjausohje opastaa mittaamaan nopeustunnistimen liittimen ja ajovakauden hallintajärjestelmän ohjainlaitteen väliset johtimet (kuva 23). Mittatulokset esitetty taulukossa 9.



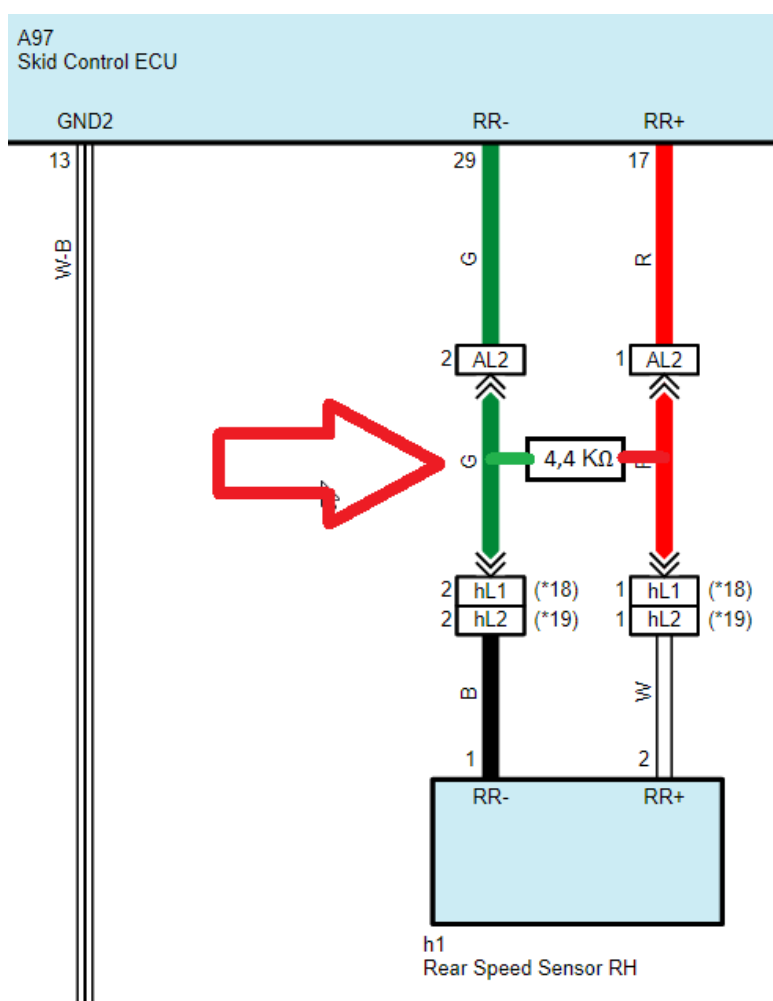
Kuva 23. Oikean takanopeustunnistimen kytkentäkaavio.

Taulukko 9. Mittatulokset.

Tester Connection	Condition	Specified Condition	Result
A97-17 (RR+) - hL1-1 (RR+)	Always	below 1 Ω	0,4 Ω
A97-17 (RR+) or hL1-1 (RR+) – Body Ground	Always	10 k Ω or higher	300 k Ω
A97-29 (RR-) - hL1-2 (RR-)	Always	below 1 Ω	0,3 Ω
A97-29 (RR-) or hL1-2 (RR-) – Body Ground	Always	10 k Ω or higher	300 k Ω

Mittatuloksista ei löydy huomautettavaa. Korjausohje neuvoo vaihtamaan takapyörän laakerin, johon on integroitu nopeustunnistimen roottori. Oskilloskoopilla tehdyn signaali-kuvaajamittauksen perusteella tiedetään kuitenkin, ettei siinä ole vikaa. Korjausohjeen

seuraava neuvo on vaihtaa ajovakauden hallintajärjestelmän ohjainlaite. Tämä kohta erottelee mekaanikot. Moni vaihtaisi ohjainlaitteen ja se on myös korjausoppaan avulla perusteltavissa. Tässä vaiheessa tiedetään että: nopeusanturi on kunnossa, johtimissa ei ole katkosta, eikä johtimet ole oikosulussa maihin. Ohjainlaite vaikuttaisi todennäköiseltä vian kohteelta, mutta mitä korjausohje ei ota huomioon, on mahdollisuus johtimien oikosulkuun keskenään. Kun irrotetaan johtimien liitin ohjainlaitteelta ja nopeustunnistimelta, ja mitataan johtimien välinen vastus, saadaan tulokseksi 4,4 k Ω . Johtimien välillä ei kuulu olla minkäänlaista yhteyttä, joten vian voidaan todeta sijaitsevan ohjainlaitteen ja nopeustunnistimen välisessä johtosarjassa (kuva 24).



Kuva 24. Vian sijainti.

9 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli valmistaa vikasimulaatioauto muutamalla kaukosäätöisellä vialla varustettuna. Lopputuloksena saatiin auto, jossa on viisi erilaista kaukotoimisesti kytkettävää vikatilannetta.

Työn aikana opittiin, miten haastavaa erilaisten vikatilanteiden luominen koulutustilaisuuksia varten voi olla. Vikojen tulisi liittyä jotenkin todellisuuteen ja oikeasti mahdollisiin vikakohteisiin. Vikakohteiden keksimiseen hyödynnettiin teknisten raporttien tietokantaa, joista saatiin mahdollisia ideoita. Suurin haaste vikojen toteuttamiselle oli vianhakurastille asetettu aikamäärä. Koulutustilanteessa ei voida käyttää esimerkiksi paria tuntia sisäverhoilujen purkamiseen mitattavien liittimien löytämiseksi, vaan mitattavien kohteiden tulisi olla suhteellisen nopean purkutyön takana. Vian tuli olla myös löydettävissä mekaanikon käytettävissä olevilla työkaluilla ja korjausohjeilla. Yhdestä alun perin suunnitellusta viasta jouduttiin luopumaan johtuen korjausohjeen vajavaisuudesta, jolloin vian löytämisestä olisi tullut aikamäärä huomioiden liian haastavaa.

Arduino-kehitysalustaan liitetty 1Sheeld-lisäkortti säästi koodaamistyötä huomattavasti. Sen käyttäminen ei vaadi erityistä osaamista, vaan se onnistuu keneltä tahansa. 1Sheeld-lisäkortin 13 ulostulosignaaliähtöä mahdollistaa lisävikojen toteuttamisen vikasimulaationautoon aina 13 vikaan asti.

Kaikki toteutetut vikatilanteet on käyty läpi mekaanikon roolissa, ja ne on mahdollista suorittaa rastin aikana. Koronavirusepidemian aiheuttaman koulutusten peruuntumisen vuoksi autoa ei ehditty testaamaan oikeassa koulutustilanteessa. Autoa tullaan kuitenkin hyödyntämään vianhakukoulutuksissa tulevaisuudessa.

Lähteet

- 1 Martansaari, Tuomas. 2018. Toyota Ammattioppilaitos vuosikatsaus 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.toyota.fi/toyota/koulutus.json>>. Luettu 28.1.2020.
- 2 Korjausohjeet, kytkentäkaaviot, tekniset kuvat. Toyotan verkkoaineisto. <tech-doc-toyota.com>. Luettu 12.2.2020.
- 3 What is Arduino?. Verkkoaineisto. Arduino AG. <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Luettu 17.10.2019.
- 4 Arduino Uno Rev3. Verkkoaineisto. Arduino AG. <<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>>. Luettu 4.5.2020.
- 5 1Sheeld turns your smartphone into 40 different Arduino shields. Verkkoaineisto. Integreight Inc. <1sheeld.com>. Luettu 10.11.2019.
- 6 Reif, Konrad & Dietsche, Karl-Heinz. 2014. Automotive Handbook. 9th Edition. Karlsruhe: Robert Bosch GmbH.

Ohjelmointikoodi

Projektissa käytetyn ohjelmointikoodin pohja on ladattu 1Sheeld:n koodikirjastosta. Koodia on muokattu nimityksien osalta ja siihen on lisätty kytkentöjä. Tällä hetkellä koodi mahdollistaa yhdeksän eri vian kytkennän.

```
#define CUSTOM_SETTINGS
#define INCLUDE_KEYBOARD_SHIELD

/* Include 1Sheeld library. */
#include <OneSheeld.h>

int vika1 = 13;
int vika2 = 12;
int vika3 = 11;
int vika4 = 10;
int vika5 = 9;
int vika6 = 8;
int vika7 = 7;
int vika8 = 6;
int vika9 = 5;

void setup()
{
  /* Start communication. */
  OneSheeld.begin();

  pinMode(vika1,OUTPUT);
  pinMode(vika2,OUTPUT);
  pinMode(vika3,OUTPUT);
  pinMode(vika4,OUTPUT);
  pinMode(vika5,OUTPUT);
  pinMode(vika6,OUTPUT);
  pinMode(vika7,OUTPUT);
  pinMode(vika8,OUTPUT);
  pinMode(vika9,OUTPUT);

  /* Keyboard callBack function. */
  AsciiKeyboard.setOnButtonChange(&keyboardFunction);
} //end of void setup

void loop()
{}

/* Function to be invoked once a new character is pressed. */
void keyboardFunction(char data)
{
  /* Check on the incoming character. */
  if(data == '1')
  {
    /* Turn on the Vika. */
    digitalWrite(vika1,HIGH);
  } //end of if
  else if(data == '2')
  {

```

```
        /* Turn off the Vika.*/
        digitalWrite(vika2,HIGH);
    }//end of else if
    else if(data == '3')
    {
        digitalWrite(vika3,HIGH);
    }//end of else if
    else if(data == '4')
    {
        digitalWrite(vika4,HIGH);
    }
    else if(data == '5')
    {
        digitalWrite(vika5,HIGH);
    }
    else if(data == '6')
    {
        digitalWrite(vika6,HIGH);
    }
    else if(data == '7')
    {
        digitalWrite(vika7,HIGH);
    }
    else if(data == '8')
    {
        digitalWrite(vika8,HIGH);
    }
    else if(data == '9')
    {
        digitalWrite(vika9,HIGH);
    }

    else if(data == '0')
    {
        digitalWrite(vika1, LOW);
        digitalWrite(vika2, LOW);
        digitalWrite(vika3, LOW);
        digitalWrite(vika4, LOW);
        digitalWrite(vika5, LOW);
        digitalWrite(vika6, LOW);
        digitalWrite(vika7, LOW);
        digitalWrite(vika8, LOW);
        digitalWrite(vika9, LOW);
    } //end of els if
    else
    {
        digitalWrite(vika1, LOW);
        digitalWrite(vika2, LOW);
        digitalWrite(vika3, LOW);
        digitalWrite(vika4, LOW);
        digitalWrite(vika5, LOW);
        digitalWrite(vika6, LOW);
        digitalWrite(vika7, LOW);
        digitalWrite(vika8, LOW);
        digitalWrite(vika9, LOW);
    } //end of else
} //end of keyboard function
```